

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3502024 A1

⑤1 Int. Cl. 4:
G 02 B 26/08

②1 Aktenzeichen: P 35 02 024.5
②2 Anmeldetag: 23. 1. 85
④3 Offenlegungstag: 24. 7. 86

ABSTRACT
WITHIN

DE 3502024 A1

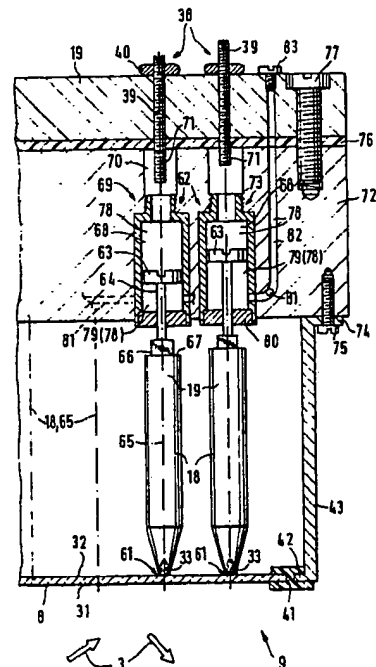
⑦1 Anmelder:
Diehl GmbH & Co, 8500 Nürnberg, DE

⑦2 Erfinder:
Herrmann, Hans, 8500 Nürnberg, DE

⑤6 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:
DE-PS 27 17 299

⑤4 Verformbarer Spiegel

Ein verformbarer Spiegel (9), insbesondere für die Kompensation von Störeinflüssen auf die Ausbreitung von Hochenergie-Laserstrahlen, mit einer Anzahl von an der Spiegelplatten-Rückseite (32) angreifenden, elektrisch ansteuerbaren Linear-Stellgliedern (18), soll derart aufgebaut sein, daß insbesondere eine individuelle, feinfühlig und reproduzierbare Einstellbarkeit der Druckausübung des elektrisch noch nicht angesteuerten Stellgliedes (18) bei spielfreiem Ausgleich von fertigungsbedingten Längenunterschieden in den einzelnen Stellgliedern (18) ohne unzulässige Beanspruchung der Spiegelplatte (31) beim Zusammenbau des Spiegels (9) gewährleistet ist. Dafür ist ein Widerlager (19) für verschraubbare Justagemittel (38) vorgesehen, die als Fluid-Verdränger (71) in Zylinder (62) oder an diese anschließende Ergänzungsräume (70) eintauchen. In den Zylindern (62) sind Kolben (63) geführt, die mit der Rückseite der Stellglieder (18) starr verbunden sind. Jeder Kolben (63) stellt sich also nach Maßgabe der Länge des jeweiligen Stellgliedes (18) im Zylinder (62) ein, der, vor dem Abschluß mittels des Widerlagers (19), mit einem inkompressiblen, gasfreien Fluid (78) gefüllt wird.



DE 3502024 A1

DERWENT-ACC-NO: 1986-197858
DERWENT-WEEK: 198631
COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Deformable mirror for interference compensation of high energy laser –
uses multiple setting elements acting on rear of mirror with series adjusters

INVENTOR: HERRMANN, H

PATENT-ASSIGNEE: DIEHL GMBH & CO[DIEH]

PRIORITY-DATA: 1985DE-3502024 (January 23, 1985)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 3502024 A	July 24, 1986	N/A	012	N/A
DE 3502024 C2	August 26, 1993	N/A	005	G02B 007/185

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 3502024A	N/A	1985DE-3502024	January 23, 1985
DE 3502024C2	N/A	1985DE-3502024	January 23, 1985

INT-CL (IPC): G02B007/185, G02B026/08

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3502024A

BASIC-ABSTRACT:

The mirror has a series of electrically controlled linear setting elements at the rear of the mirror plate. These setting elements lie in series with respective adjustment devices incorporating setting screws for compensating mfg. differences between the lengths of the setting elements.

Pref. the adjustment devices incorporate a displacement element fitting into a fluid-filled space containing a piston coupled to the setting element. These fluid-filled spaces are pref. incorporated in a base plate providing the counter bearings for each of the setting elements.

USE - Wavefront error compensation of high power laser.

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3502024C

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

The deformable mirror, used for compensating interference of a propagated beam, has a series of electrically controlled linear setting elements (18) at the rear of the mirror surface, in series with mechanical setting devices (38). The latter comprise setting screws (71) protecting into respective fluid-filled spaces (70,68), each containing a sliding piston (63) in series with a linear setting element (18).

Pref. the fluid filled spaces (70,68) are provided by fluid cylinder (62) fitting into a reception block for the setting screws (71).

ADVANTAGE - Simple, reproducible initial setting adjustment of each individual setting element.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/1 Dwg.1/1

TITLE-TERMS: DEFORM MIRROR INTERFERENCE COMPENSATE HIGH ENERGY LASER MULTIPLE SET ELEMENT ACT REAR MIRROR SERIES ADJUST

DERWENT-CLASS: P81 V07 V08 X24

EPI-CODES: V07-F02; V08-A03; X24-D03;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1986-147663

P
Fg/kr

Patentansprüche

1. Verformbarer Spiegel (9), insbesondere für die Kompensation von Störeinflüssen auf die Ausbreitung von Strahlen, mit einer Anzahl von hinter seiner Spiegelfläche (8) angreifenden, elektrisch ansteuerbaren Linear-Stellgliedern (18),
05 dadurch gekennzeichnet,
daß die mit der Spiegelplatten-Rückseite (32) verbundenen Stellglieder (18) mit Justagemitteln (38) in Serie angeordnet sind, die in einem Widerlager (19) gehalten sind.
- 10 2. Spiegel nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Justagemittel (38) in das Widerlager (19) eindrehbare Schraubenbolzen (39) aufweisen.
- 15 3. Spiegel nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Justagemittel (38) Verdränger (71) aufweisen, die in mit Fluid (78) gefüllte Räume (70, 68) eintauchen, in denen Kolben (63) geführt sind, die mit den Stellgliedern 18 verbunden
20 sind.
4. Spiegel nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Fluid-Räume (70, 68) in einer Grundplatte (72) ausgebildet
25 sind, mit der das Widerlager (19) verbindbar ist.

5. Spiegel nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen dem Widerlager (19) und der Grundplatte (72) eine
Dichtung (76) für die Fluid-Räume (70,68) eingespannt ist.
- 05
6. Spiegel nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Grundplatte (72) als Halterung für Fluid-Zylinder (62)
ausgebildet ist.
- 10
7. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Justagemittel (38) Schraubenbolzen (39) axial verstellbar
im Widerlager (19) gehalten sind, die mit ihren Enden, als
15 den Verdrängern (71), direkt in Fluid-Druckräume (70, 68) ein-
tauchen.
8. Spiegel nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß auch der Raum (79) vor einem Kolben (63) mit Fluid (78)
gefüllt ist.
9. Spiegel nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß der Raum (79) vor dem Kolben (63) an ein mit Fluid (78)
gefülltes Kanalsystem (81) angeschlossen ist
10. Spiegel nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß das Kanalsystem (81) mittels eines Verschlusses (83) hermetisch
absperrbar ist.
- 35

BAD ORIGINAL

P 307

Fg/kr

DIEHL GMBH & CO., 8500 Nürnberg

Verformbarer Spiegel

Die Erfindung betrifft einen verformbaren Spiegel gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, wie er hinsichtlich typischer Aufbau- und Einsatzmöglichkeiten bekannt ist aus Fig. 1 und Fig. 2 der Veröffentlichung von James E. Harvey und Gary M. Callahan "Wavefront Error Compensation Capabilities of Multiactuator Deformable Mirrors" (SPIE Vol. 141 Adaptive Optical Components, 1978, Seiten 50 - 57). Insbesondere betrifft die Erfindung vorteilhafte zusätzliche Maßnahmen bei der Realisierung eines solchen Kompensationsspiegels (auch als MDA-Spiegel bezeichnet), dessen Verformungs-Ansteuerung Gegenstand der älteren Anmeldung P 34 22 232.4 vom 15.6.1984 der Anmelderin ist.

Zur Vermeidung komplizierten Regelkreisverhaltens ist von einem solchen Kompensationsspiegel eine möglichst lineare Beziehung zwischen einer Ansteuerung beliebiger der Stellglieder und der örtlich jeweils zugeordneten Verformung der Spiegelfläche zu fordern. Deshalb ist eine mechanisch möglichst starre Einkopplung der einzelnen Stellglieder zwischen der Spiegelplatte und dem Widerlager des Kompensationsspiegels, unter Vermeidung von Axial-Spiel und bei einfachen und reproduzierbaren Möglichkeiten zum Ausgleich fertigungsbedingter Längtoleranzen der einzelnen Stellglieder in ihrer (elektrisch nicht angesteuerten) Grundstellung, anzustreben. Zusätzlich ist es wünschenswert den Einbau und die Widerlager-Abstützung der Stellglieder derart auszuführen, daß sich relativ einfache Montagemöglichkeiten nach dem Austausch einzelner Stellglieder ergeben - wiederum mit der

...2

Forderung einer spielfreien Kompensation unterschiedlicher Längen der einzelnen ausgetauschten Stellglieder. Schließlich sollen auch nach dem Einbau der Stellglieder noch Möglichkeiten zur individuellen Einstellung ihrer axialen Vorspannungen gegeben sein, um unterschiedliche Bereiche der Spiegelfläche je nach den strahlengeometrischen Gegebenheiten auf unterschiedliche Grund-Verformung einstellen zu können.

10 In Erkenntnis dieser Gegebenheiten und Anforderungen liegt der Er-
findung insbesondere die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen
Spiegel derart auszubilden, daß sich einfache und reproduzierbare,
spielfreie Grundeinstellmöglichkeiten für jedes einzelne der Stell-
glieder ergeben.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß im wesentlichen dadurch gelöst, daß der gattungsgemäße Spiegel die Kennzeichnungsmerkmale des Anspruches 1 aufweist.

20 Nach dieser Lösung ist von der Rückseite der Grundplatte her die Zug- oder Druckbeaufschlagung jedes einzelnen Verbindungs-Bereiches zwischen einem Stellglied und der Rückseite der Spiegelfläche individuell einstellbar. Bei Abnahme des Widerlagers mit den daran angeordneten Justagemitteln wird die Rückseite der Stellglieder zugänglich, so daß diese individuell in Axialrichtung demontiert werden können.

25 Die axiale Krafteinleitung über die Justagemittel in die Rückseite
des jeweiligen Stellgliedes erbringt eine spielfreie und verzugsfreie,
also momentenfreie Kopplung des Stellgliedes im Verbindungsbereich
zur Rückseite der Spiegelplatte, so daß die Verformung der gegen-
überliegenden Spiegelfläche in guter Näherung ausschließlich durch
30 die unterschiedlichen Druckeinleitungen von einander benachbarten
Stellgliedern gegeben ist.

Um die dünne Spiegelplatte nicht bereits bei der Montage des Widerlagers durch Einwirkungen von Justagemitteln unzulässig zu verformen, ist es zweckmäßig, zwischen dem einstellbaren Teil des jeweiligen Justagemittels und der Rückseite des zugeordneten Stellgliedes einen Fluidkolben anzuordnen.

- Dessen Kolbenstellung ist durch die individuelle, fertigungs- und montagebedingte wirksame Länge des zugeordneten Stellgliedes gegeben. Der verbleibende Raum zwischen dem Kolben und dem rückwärtig mit dem Zylinder zusammenwirkenden Stellgliedverdränger wird mit einem
- 05 vorzugsweise gut entgasten und nicht kompressiblen Fluid aufgefüllt. Dadurch stellen sich praktisch ohne Beanspruchung der Spiegelplatte die Grundstellungen der einzelnen Justagemittel spielfrei nach Maßgabe der aktuellen Stellglied-Längen ein.
- 10 Zusätzliche Alternativen und Weiterbildungen sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen und aus nachstehender Beschreibung eines in der Zeichnung unter Beschränkung auf das Wesentliche stark abstrahiert dargestellten prinzipiellen Ausführungsbeispiels zur erfindungsgemäßen Lösung.
- 15 Die einzige Figur der Zeichnung zeigt, vergleichbar den Gegebenheiten nach Fig. 1 der heutigen Parallelanmeldung "Verformbarer Spiegel", in abgebrochener Darstellung einen verformbaren Kompensations-Spiegel im Querschnitt mit zwischen seiner Spiegelplatte und einem Widerlager gehaltenen Stellgliedern.
- 20 Wie im einzelnen in der genannten Anmeldung P 34 22 232.4 vom 15.6.1984 (auf die hier zur Vermeidung von Wiederholungen vollinhaltlich Bezug genommen wird) näher beschrieben, liegt in einem Strahlengang 3 die deformierbare Spiegelfläche 8 eines MDA-Kompensationsspiegels 9.
- 25 Dieser dient, durch Beeinflussung der optischen Gegebenheiten in den entsprechenden Querschnittsbereichen des Strahlenganges 3, insbesondere einem Ausgleich von Verzerrungen, die die Strahlengeometrie z.B. bei Durchgang durch die Atmosphäre erfährt, um die Strahlenenergie in einem möglichst eng begrenzten Brennfleck konzentrieren
- 30 zu können.
- Für die Verformung der Spiegelfläche 8 (durch Versatz einzelner ihrer Bereiche gegeneinander in Richtung der Normalen auf die Spiegelfläche 8) sind rückwärtig, zwischen einer Spiegelplatte 31 und einem
- 35 Widerlager 19, Linear-Stellglieder 18 eingespannt. Diese erfahren je nach ihrer elektrischen Ansteuerung eine Längenänderung zur entsprechenden Ausbeulung des davorliegenden Bereiches der Spiegelplatte 31

mit seiner als Spiegelfläche 8 wirkenden Vorderfläche. Vorzugsweise handelt es sich bei den Stellgliedern 18 um piezoelektrische Aktuatoren, wie sie hinsichtlich ihrer prinzipiellen Ausbildung und Wirkungsweise und hinsichtlich praktisch einsetzbarer Ausführungsformen näher
05 beschrieben sind in der Arbeit von Fritz Schmeißer "Piezoelektrische Aktuatoren: Kräftig und schnell", Elektronik 8/84, Seiten 92 bis 96.

Für eine definierte und kleinflächige Verformung der Spiegelplatte 31 und damit der Spiegelfläche 8, durch Einbringung unterschiedlicher
10 Druckkräfte an der Rückseite 32 der Spiegelplatte 31 (mit der Folge, daß einige der Stellglieder 18, die eine weniger starke Auslenkung hervorrufen sollen, von benachbarten Auslenkungen her über die Struktur der Spiegelplatte 31 auf Zug beansprucht werden), sind zwischen den Stirnflächen der Stellglieder 18 und der Rückseite der Spiegel-
15 platte 31 möglichst starre (form- oder kraftschlüssige) Verbindungen 61, vorzugsweise Verschraubungen zwischen an der Spiegelplatten-Rückseite 32 angeformten Zapfen 33 und Gewinden an den Stellgliedern 18, ausgebildet. Bezüglich bevorzugter Ausführungsformen solche Zapfen 33 und die Verbindungen 61 (wie auch für die Strukturen von
20 Spiegelplatte 31) wird auf die oben genannte heutige Parallelanmeldung Bezug genommen. Insbesondere dann, wenn es sich bei den Stellgliedern 18 um einen hohlzylindrisch eingefassten Stapel aus piezokeramischen Elementen handelt, wie bezüglich der erwähnten Aktuatoren in der angegebenen Literaturstelle beschrieben, weisen die einzelnen, neben-
25 einander hinter der Spiegelplatte 31 gehaltenen, Stellglieder 18 fertigungsbedingt unterschiedlich wirksame Längen in ihrer nicht angesteuerten oder Grund-Stellung auf. Diese Längenunterschiede sind zwar absolut gesehen gering, aber verglichen mit dem Aktuator-Hüben nicht vernachlässigbar; sie müssen deshalb durch Justagemittel 38
30 individuell und spielfrei justiert werden können.

Dafür sind in die Serienanordnung aus einem, im rückseitigen Widerlager 19 gehaltenen, Justagemittel 38 und dem zugeordneten Stell-
gliede 18 Fluid-Zylinder 62 eingeschaltet. Deren Kolben 63 bzw.
35 Kolbenstangen 64 sind im oder am jeweiligen Zylinder 62 längsgeführt und in der Wirkachse 65 - beispielsweise mittels einer Schraubkupplung 66 - bewegungsstarr an die der Spiegel-Verbindung 61 gegenüberliegende

In den Druckraum 68 des Zylinders 62, der zwischen dem Kolben 63 und dem rückwärtigen Zylinder-Ende 69 gelegen ist, oder in einen hier sich anschließenden Ergänzungsraum 70, ragt ein am Widerlager 19 gehalterter Verdränger 71 hinein. Bei diesem handelt es sich
05 bevorzugt, wie dargestellt, um den mittels einer Kontermutter 40 axial sicherbaren Schraubenbolzen 39 des Justagemittels 38. Der Ergänzungsraum 70 kann unmittelbar im Widerlager 19 (beispielsweise als die Gewindebohrung für den Schraubenbolzen 39) ausgebildet sein. Beim dargestellten Realisierungsbeispiel ist jedoch für die Ausbildung
10 des Ergänzungsraumes 70 vor dem Widerlager 19 zusätzlich eine Grundplatte 72 angeordnet, die auch der Halterung der Zylinder 62 (beispielsweise mittels eines Schraubsitzes 73) dient.

Die Spiegelplatte 31 ist mittels einer Dichtung 41 elastisch an
15 den Stirnflansch 42 eines Gehäuses, beispielsweise in der Form eines Hohlzylinders 43, angeschlossen, das über einen umlaufenden Fußflansch 74 mittels Schrauben 75 - unmittelbar oder über Zwischenlage der Grundplatte 72 - mit dem Widerlager 19 möglichst starr verbunden ist. Zwischen dem Widerlager 19 und der Grundplatte 72 ist eine
20 dünne, möglichst starre Dichtung 76 eingelegt, die mittels Schrauben 77 zwischen dem Widerlager 19 und der Grundplatte 72 eingespannt ist, um dort die Ergänzungsräume 70 der einzelnen Zylinder 62 rückseitig und peripher abzudichten.

25 Zur Montage des Kompensationsspiegels 9 wird an der Rückseite 32 der Spiegelplatte 31 die Verbindung 61 zu den Stellgliedern 18, beispielsweise durch Verschrauben, hergestellt, so daß die Stellglieder 18 zunächst von der Spiegelplatte 31 gehalten sind. Sodann wird (beim dargestellten Realisierungsbeispiel) die Grundplatte 72 mit einge-
30 setzten Zylindern 62 am Hohlzylinder-Gehäuse 43 befestigt; nun können die Kupplungen 66 von den Kolben 63 über ihre Kolbenstangen 64 zu den Stellglieder-Rückseiten 67 hergestellt werden, beispielsweise durch Schraubendreher-Eingriff von der noch offenen Rückseite des jeweiligen Ergänzungsraumes 70 aus. Die nach kraftschlüssiger Fest-
35 legung der Kupplungen 66 sich ergebenden Stellungen der Kolben 63 sind in der Zeichnung zur Verdeutlichung übertrieben unterschiedlich angegeben.

Der Druckraum 68 jedes Zylinders 62 und der sich jeweils anschließende Ergänzungsraum 70 werden mit Fluid 78 (beispielsweise mit gut entgasstem Hydrauliköl) gefüllt. Sodann wird auf die Rückseite der Grundplatte 72 die Dichtung 76 aufgelegt und das als Anpreß- oder Abdeckplatte dienende Widerlager 19, mit den Verdrängern 71 in Form der vorstehenden Schraubenbolzen 39, aufgelegt und mittels der Schrauben 77 befestigt. Nun kann durch Axialverstellung der Verdränger 71 sicherbar z.B. mittels Kontermuttern 40) eine Verlagerung jeder einzelnen der Verbindungen 61 in Richtung der Stellglied-Wirkachse 65 vorgenommen werden, um die gewünschte stationäre oder Grund-Formgebung der Spiegelfläche 8 zu erzielen. Bei einem nicht komprimierbaren Fluid 78 wie etwa Öl ist diese Positionierung der einzelnen Verbindungen 61 sehr genau und reproduzierbar über die Eintauchtiefe der Verdränger 71 durchführbar. Bei einem praktisch gasfreien Fluid 78 besteht auch keine Gefahr, daß sich durch rückwärtiges Herausbewegen des Verdrängers 71 zwischen dem Kolben 63 und dem Fluid 78 ein Gasvolumen bildet; d.h. über die Justagemittel 38 lassen sich die Kolben 63 und damit die Verbindungen 61 auf Druck und auf Zug beanspruchen, also in beiden Richtungen feinfühlig und definiert verlagern.

Um beim Aufschrauben des Widerlagers 19 auf die Grundplatte 72 in die Fluid-Räume 70-68 keine Umgebungsatmosphäre einzuführen, ist es zweckmäßig, diesen Zusammenbau im Vakuum vorzunehmen. Ein derartiger Aufwand erübrigt sich aber, wenn beim Aufspannen des Widerlagers 19 auf die Grundplatte 72 die Verdränger 71 wie erwähnt bereits in das Widerlager 19 eingesetzt sind und aus diesem in die schon mit Fluid 78 gefüllten Räume 70-68 hineinragen. Denn dann wird aus jenen bei diesem Zusammenbau etwas Fluid 78 verdrängt, bis die Dichtung 76 auf deren hermetischen rückwärtigen Abschluß eingespannt ist.

Zusätzlich kann vorgesehen sein, Fluid 78 in den Kolbenstangenraum 79 zwischen dem Kolben 63 und einem Zylinderdeckel 80 einzufüllen, z.B. unter Vakuum nachdem die Grundpositionierung der Verbindungen 61, also der Verdränger 71, vorgenommen wurden. Dafür ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel in der Grundplatte 72 ein Kanalsystem 81 an die Kolbenstangenräume 79 und an einen Füllkanal 82 angeschlossen. Über diesen werden die Kolbenstangenräume 79 nach erfolgter Grundeinstellung der Verdränger 71 - einschließlich der Kanäle 81-82 - mit Fluid 78 aufgefüllt, wonach der Füllkanal 82 mit einem Verschuß 83 versehen wird. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Stützkraft eines auf Zug beanspruchten Stellgliedes 18 (weil seine benachbarten Stellglieder 18 auf Druck angesteuert sind, nicht allein vom Fluid 78 in den Räumen 68-70 aufgenommen werden muß; vielmehr dient nun die Druckbeaufschlagung des Fluid 78 im entsprechenden Kolbenstangenraum 79 zusätzlich der Aufnahme von Zugkräften, die über die Verbindung 61 von der Spiegelplatte 31 auf das hier angeschlossene Stellglied 18 eingeführt werden.

BAD ORIC

- ^{10.}Leerseite -

